

Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

**Монографија**  
**ЧЕРНОБИЉ**  
**30 година после**

Уредник  
**др Гордана Пантелић**

**Београд**  
**2016**

Монографија: **ЧЕРНОБИЉ 30 година после**

Издавач: Институт за нуклеарне науке „Винча“, Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине „Заштита“  
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За издавача: др Борислав Грубор

Рецензенти: др Оливера Цирај Бјелац  
др Иштван Бикит  
др Владимир Удовичић  
др Невенка Антовић  
др Ивана Вуканац  
др Драгослав Никезић  
др Душан Мрђа  
др Марија Јанковић  
др Јелена Крнета Николић

Уредник: др Гордана Пантелић

Лектор/коректор: Мариола Пантелић, MSc

Објављивање монографије помогли:  
Министарство просвете, науке и технолошког развоја

ISBN 978-86-7306-138-2

Штампа: Штампарија Института за нуклеарне науке „Винча“, 522,  
11001 Београд, Тел. 011-8066-746

Тираж: 150 примерака

## РАДИОЕКОЛОШКА ИСПИТИВАЊА МАРИНСКЕ СРЕДИНЕ ЈУЖНОГ ЈАДРАНА: $^{137}\text{Cs}$

Иванка АНТОВИЋ<sup>1</sup>, Никола СВРКОТА<sup>2</sup>, Невенка М. АНТОВИЋ<sup>3</sup>

1) Департман за биомедицинске науке, Државни универзитет у Новом Пазару,  
Србија, Ivanka\_Antovic@yahoo.com

2) Центар за екотоксиколошка испитивања, Подгорица, Црна Гора,  
nikola.svrkota@ceti.co.me

3) Природно-математички факултет, Универзитет Црне Горе, Подгорица, Црна  
Гора, nepaa@rc.pmf.ac.me

### Резиме

Морска вода, седимент, муљ са детритусом, пет врста риба из три рода ципола (породица *Mugilidae*) – *Liza*, *Chelon* и *Mugil*, морска трава (*Posidonia oceanica*) из јужног Јадранског мора (обала Црне Горе), као и земљиште и пијесак из приобалног подручја, гамаспектрометријски су испитивани вишедетекторским и стандардним HPGe спектрометром. Највећа концентрација активности  $^{137}\text{Cs}$  измјерена је у површинском слоју земљишта из Херцег Новог ( $90 \text{ Bq kg}^{-1}$ ), док је пијесак са плажа показао веома ниске активности (испод  $1,5 \text{ Bq kg}^{-1}$ ). Седименти и муљ са детритусом из залива Бока Которска показали су активности  $^{137}\text{Cs}$  до  $1,4 \text{ Bq kg}^{-1}$  и  $4,7 \text{ Bq kg}^{-1}$  респективно, а морска трава:  $< 2 \text{ Bq kg}^{-1}$ . Од укупно 105 цијелих јединки *Liza aurata*, *Liza ramada*, *Liza saliens*, *Chelon labrosus* и *Mugil cephalus* узоркованих 2009/2010,  $^{137}\text{Cs}$  је детектован у њих 30. Генерално, цијеле јединке *L. aurata* и мишићи *C. labrosus* показали су нешто веће активности  $^{137}\text{Cs}$ . По једанаест јединки сваке од три јужнојадранске врсте *Liza* узорковано је и 2013/2014, а анализе извршене помоћу HPGe спектрометра показале су да је у њих десет  $^{137}\text{Cs}$  изнад, или на нивоу минималне детектибилне активности.

### 1. УВОД

Обала Црне Горе (293 km) и њено море (површине  $6334 \text{ km}^2$ ), која подразумијева територијално море и епиконтинентални појас [1], у приморској области укупне површине  $1591 \text{ km}^2$  коју чине општине Улцињ ( $255 \text{ km}^2$ ), Бар ( $598 \text{ km}^2$ ), Будва ( $122 \text{ km}^2$ ), Тиват ( $46 \text{ km}^2$ ), Котор ( $335 \text{ km}^2$ ) и Херцег Нови ( $235 \text{ km}^2$ ), и која чини 11,5% укупне црногорске територије ( $13812 \text{ km}^2$ ) и доприноси око 24% укупној популацији у Црној Гори (620 029 – према попису из 2011. године) [2], подручје је, не само од туристичког, већ и од еколошког значаја. У том смислу, посебно, залив Бока Которска.

Прва систематска радиоеколошка испитивања моринске средине јужног Јадранског мора – обала Црне Горе, започета су 2008. године, узорковањем и мјерењем – како морске воде и појединих врста риба, тако и земљишта и пијеска (али без забиљежених координата мјерних тачака), те масовним планираним узорковањем 2009/2010. године, а затим наредних година настављена поновљеним и додатним анализама узорака различите природе и врсте.

У овом раду су, с фокусом на активности  $^{137}\text{Cs}$ , дијелом представљени резултати

тих анализа, односно испитивања морске воде, седимента, муља са детритусом, морске траве (*Posidonia oceanica*), која је ендем Средоземног мора, пет врста риба из три рода ципола (породица Mugilidae) – *Liza*, *Chelon* и *Mugil*, које значајно учествују у исхрани локалног становништва (због чега су овдје дати резултати мјерења цијелих јединки и јестивог дијела, тј. мишића; иако су активности радионуклида мјерене и у другим органима као што су гастроинтестинални систем, шкрге, пераја, скелет), уз осврт на нивое активности  $^{137}\text{Cs}$  у земљишту приморских градова и пијеску њихових познатих плажа, што је такође био предмет наших истраживања [3].

Добро је познато да је несрећа у нуклеарној електрани Чернобил, 26. априла 1986. године, промијенила радиоеколошку слику многих подручја на сјеверној хемисфери, у првом реду европских. Иако су одмах након акцидента у многим земљама регистровани повећани нивои радиоактивне контаминације, и вршена мерења у различитим узорцима, први званични подаци о карактеру и обиму несреће појавили су се у августу [4], а према којима је из хаварисаног реактора избачено око 3,5% горива (и то 1,5% у границама тзв. 30-km зоне). Услиједио је велики број научних и организационих радова, мјерења нивоа контаминације (алфа, бета и гама емитерима чернобилског поријекла) различитих природних објеката и средина, публикован је велики број научних радова и монографија, па и оних у којима се при анализама различитих аспеката акцидента примјењују и поређења резултата мјерења и теоријских предвиђања [5]. И данас је, 30 година након акцидента, тема у више њених аспеката актуелна, па и у аспекту конзервационих посљедица.

У Црној Гори су, након акцидента у Чернобилу, мјерења  $^{137}\text{Cs}$  вршена на Природно-математичком факултету Универзитета Црне Горе (УЦГ) [6]. Ипак, прва систематска мјерења његових концентрација активности (у земљишту, на примјер) урађена су 1994. године [6,7].

Цезијум-137 који се детектује у узорцима из животне средине у Црној Гори, превасходно је чернобилског поријекла [8]. Његово мјерење у узорцима који су предмет овог рада извршено је стандардним HPGe спектрометрима, као и вишдетекторским спектрометром ПРИПЈАТ-2М који је, због својих карактеристика, обезбјеђивао експресна мјерења.

Овдје представљени резултати основ су за детаљније радиоеколошке анализе и процјене ризика за биоту моринске средине јужног Јадранског мора, тим прије што  $^{137}\text{Cs}$ , уз  $^{226}\text{Ra}$ , значајно доприноси дози којој су организми изложени. У прилог томе, дозни конверзиони коефицијенти ( $\mu\text{Gy h}^{-1}$  по  $\text{Bq kg}^{-1}$ ), на примјер – за спољашње излагање радионуклидима  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{226}\text{Ra}$ , у случају пелагијских риба и морске траве [9] значајно су већи од оних за, на примјер,  $^{232}\text{Th}$ . У њиховом случају ради се о вриједностима  $2,7 \cdot 10^{-4}$  и  $9,1 \cdot 10^{-4}$ , респективно (пелагијске рибе),  $3,4 \cdot 10^{-4}$  и  $1,1 \cdot 10^{-3}$ , респективно (морска трава), у случају  $^{232}\text{Th}$  –  $1,5 \cdot 10^{-7}$  и  $5,0 \cdot 10^{-7}$ , респективно. Додатно, различита биоакмулација радионуклида од стране различитих организама и различитих дјелова истог организма, захтијева додатне анализе биолошких, хемијских и физичких фактора и процеса који је одређују.

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

### 2.1. Узорковање

На слици 1 илустрована је мапа приморја Црне Горе.



Слика 1. Приморје Црне Горе

На десет мјерних тачака (табела 1) узорковано је некултивисано земљиште из три слоја: до 5 cm, (5-10) cm и (10-15) cm (укупно 30 узорака) [10]. Узоркован је и површински пијесак са 20 познатих плажа (табела 2).

Површинска морска вода (по 1 L) узоркована је у близини плажа (Велика плажа, Мала плажа, Утјежа, Бар – лука, Шушањ, Сутоморе, Чањ, Петровац, Каменово, Пржно, Јаз, Плави Хоризонти, Тиват – град, Котор, Рисан, Херцег Нови), као и по 30 L из Херцег Новог, Котора (4 локације – Свети Стасије, Доброта 1 – близу Института за биологију мора, Доброта 2 – близу Факултета за поморство (УЦГ), близу старог града), Тивта (2 локације), Будве. У Котору, на 2 локације (Свети Стасије и Доброта 1) узорковано је по 30 и 6 L морске воде са дубине 6,5-7 m.

Анализирани узорци површинског седимента (5) потичу из области Тивта (маса: 1,345 kg) и Котора (Доброта 1, маса: 1,339 kg, тј. 1,25 kg након припреме и хомогенизације; Доброта 2, маса: 1,280 kg; Свети Стасије 1, маса: 1,390 kg; Свети Стасије 2, маса: 1,022 kg).

Муљ са детритусом узоркован је у Котору, нешто ближе обали, у Доброти 1 (1,116 kg) и 2 (0,998 kg) и области Свети Стасије (1,078 kg, тј. 0,968 kg након припреме и хомогенизације).

*P. oceanica* такође је узоркована у Котору – тј. у Доброти (близу Института за биологију мора) и у области Свети Стасије.

Узорци пет врста риба уловљени у заливу Бока Которска (области Тивта и Котора), из три су рода ципола – *Liza*, *Chelon* и *Mugil* (тј. *Liza aurata* (Risso, 1810), *Liza ramada* (Risso, 1826) и *Liza saliens* (Risso, 1810), *Chelon labrosus* (Risso, 1826), *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758)), и представљају пет од шест врста ципола (уз *Oedalechilus labeo* (Cuvier, 1829)) присутних у Јадранском мору (обала Црне Горе). Узорковањем су, дакле, обухваћене све јадранске врсте рода *Liza* – како оним спроведеним највећим дијелом 2009. године, тако и каснијим, поновљеним

узорковањем, спроведеним највећим дијелом 2013. године.

При сваком узорковању врсте су детерминисане на основу таксономских карактеристика [11], и по један примјерак сваке од њих представљен је на слици 2. Првим узорковањем (2009/2010) укупно је сакупљено (уловљено мрежом) и анализирано:

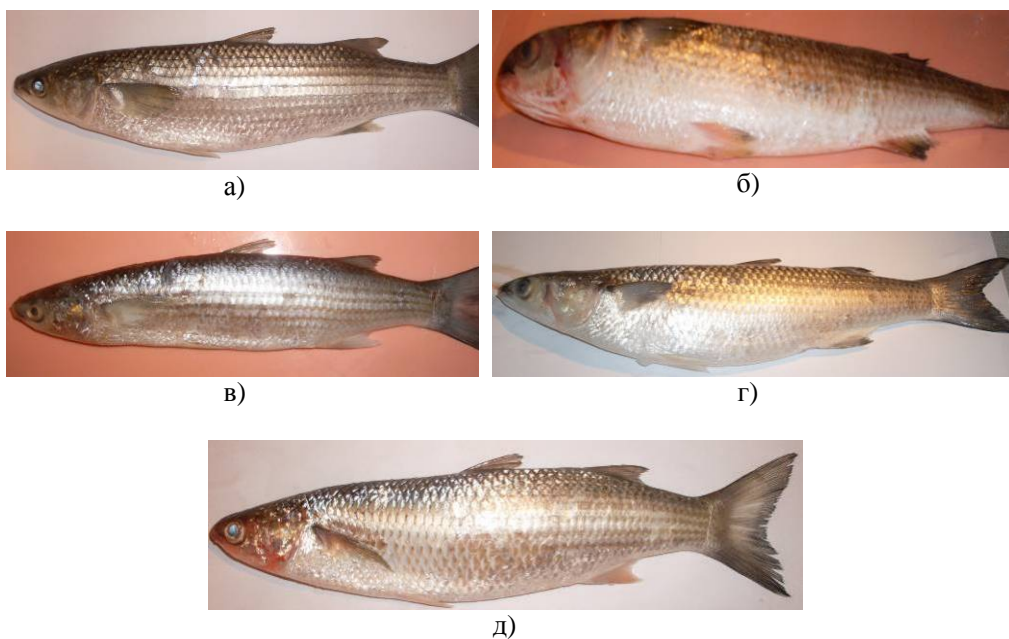
25 цијелих јединки *C. labrosus* (4 мишића), укупне дужине између 26,5 и 41,6 cm, и масе између 145 и 543 g;

20 цијелих јединки *M. cephalus* (4 мишића), укупне дужине између 25,5 и 39,2 cm, и масе између 152 и 551 g;

20 цијелих јединки *L. aurata* (6 мишића), укупне дужине између 22,5 и 35,6 cm, и масе између 68 и 265 g;

22 цијеле јединке *L. ramada* (4 мишића), укупне дужине између 25,3 и 47 cm, и масе између 106 и 770 g;

18 цијелих јединки *L. saliens*, укупне дужине између 25 и 33,7 cm, и масе између 161 и 318 g.



Слика 2. Циполи из јужног Јадранског мора: *C. labrosus* (а), *M. cephalus* (б), *L. aurata* (в), *L. ramada* (г), *L. saliens* (д)

Наредним узорковањем (2013/2014) сакупљено је и анализирано 11 узорака сваке од три врсте рода *Liza*, и у овом раду су представљени резултати мјерења  $^{137}\text{Cs}$  у:

*L. aurata* (3 цијеле јединке и 8 мишића), укупне дужине између 23,1 и 36 cm, и масе између 120 и 227 g;

*L. ramada* (3 цијеле јединке и 8 мишића), укупне дужине између 28,6 и 37,4 cm, и масе између 136,6 и 338 g; и

*L. saliens* (3 цијеле јединке и 8 мишића), укупне дужине између 26,8 и 33,9 cm, и масе између 140 и 247 g.

Све су мрежом уловљене на локацији Солила – Тиват (N 42°23'37,66", E 18°42'15,44"), гдје је узоркована и вода (20 L), као и узорак са морског дна (углавном пијесак и муљ).

Урађена су и додатна узорковања (2015. и 2016. године), која укључују и друге врсте комерцијално важних риба (инђун, сардела, бранцин, орада) али је овај рад фокусиран на резултате анализа ципола узоркованих 2009/10, и 2013/14. године.

## 2.2. Припрема узорака и мјерење

За мјерење узорака из маринске средине јужног Јадранског мора, коришћени су вишедетекторски спектрометар ПРИПЈАТ-2М – Природно-математички факултет у Подгорици, и стандардни гама спектрометријски систем Центра за екотоксиколошка испитивања (Подгорица) који укључује ORTEC HPGe спектрометре (GEM-40190, релативне ефикасности – 40%: FWHM – 1,80 keV на 1,33 MeV, FWHM – 840 eV на 122 keV, фон – 1,23 s<sup>-1</sup>; GEM – 30185-S, релативне ефикасности 35%: FWHM – 1,72 keV на 1,33 MeV, FWHM – 700 eV на 122 keV, фон – 0,98 s<sup>-1</sup>), чија калибрација се уобичајено врши стандардима производње *Czech Metrology Institute*.

Спектрометри ПРИПЈАТ [12], у чији састав улази 6 NaI(Tl) детектора, развијени су на Институту за физику Академије наука Бјелорусије у Минску – управо због потребе експресног мјерења <sup>137</sup>Cs (и <sup>40</sup>K), а један од њих, ПРИПЈАТ-2М, налази се у Црној Гори. Карактеристике овог спектрометра су:

- мјерна комора – коцка ивице 17,5 cm (осјетљива запремина дозвољава мјерење узорака различитог облика и природе, до 5 dm<sup>3</sup>),
- геометрија мјерења – блиска 4π (~ 0,7x4π sr),
- вишеструког коинциденција – од 2 до 6,
- енергетска резолуција – 10,5% за <sup>137</sup>Cs – 662 keV фотопик.

За снимање спектра и обраду података користи се софтвер ПРИП, а калибрација је вршена помоћу извора <sup>137</sup>Cs и <sup>40</sup>K, ВНИИМ Д. И. Менделеева – Санкт Петербург. Калибрациони извори су у цилиндричним пластичним посудама спољашњег дијаметра 10,7 cm и висине 8 cm (<sup>137</sup>Cs: ОМАСН бр. 72/94-2, смола масе 0,486 kg, активности 870 Bq на дан 01.01.1994. године, која је одређена са грешком од 3% на нивоу повјерења 95%, <sup>40</sup>K: ОМАСН бр. 103/92, калијум-хлорид масе 0,550 kg, активности 9,0·10<sup>3</sup> Bq на дан 01.08.1992. године, која је одређена са грешком од 5% на нивоу повјерења 95%).

Ефикасност детекције <sup>137</sup>Cs у тзв. интегралном ([1-6]) и некоинцидентном ([1-1]) режиму мјерења, за реално вријеме мјерења 1000 s, била је 0,226 и 0,233, респективно (за енергетски опсег од 200 до 2000 keV), те 0,233 и 0,236, респективно (за енергетски опсег од 300 до 3000 keV) [13].

Захваљујући карактеристикама спектрометра и софтвера, могућа су мјерења узорака различите природе и облика, без посебне припреме и сложених калибрационих процедура за различите геометрије. Мјерење <sup>137</sup>Cs у узорцима који су предмет овог рада вршено је у некоинцидентном режиму рада.

Земљиште и пијесак мјерени су помоћу оба спектрометра (ПРИПЈАТ-2М и HPGe), па су стога били стандардно припремљени и смјештени у Маринели посуде од 1 L и мјерени углавном након најмање (35-38) дана херметизације, што важи и за остале узорке (стога што су у њима анализирани и други радионуклиди, као што је <sup>226</sup>Ra, који је након тог периода у равнотежи са потомцима). Реално вријеме

мјерења на спектрометру ПРИПЈАТ-2М било је 2000 s, док су мјерења помоћу HPGe спектрометара трајала знатно дуже. Добијени резултати били су сагласни, и овдје су представљени они добијени вишедетекторским спектрометром.

Површинска морска вода узорковане запремине по 1 L, мјерена је у Маринели посуди на спектрометру ПРИПЈАТ-2М (10000 s живог времена), а због поређења одређени број узорака мјерен је и на HPGe спектрометру. Узорковане запремине од 6 и 30 L, упарене су до 1 L (стандардна процедура припреме узорка воде за HPGe спектрометрију) и мјерене на оба спектрометра.

Сви узорци седимента и муља са детритусом мјерени су помоћу спектрометра ПРИПЈАТ-2М (2000 s реалног времена), док је по један узорак оба типа такође (адекватно припремљен и) мјерен и на HPGe спектрометру.

Биотски узорци (морска трава, рибе и њихови органи) који су анализирани и помоћу HPGe спектрометара, припремани су у стандардној процедури [14], а коришћене су Маринели посуде запремине 0,5 L, као и цилиндричне пластичне посуде запремина 50 и 250 mL (*Czech Metrology Institute*), уз додавање дестиловане воде када је то било потребно.

На спектрометру ПРИПЈАТ-2М, узорци морске траве мјерени су по 5000 s реалног времена, као и узорци цијелих јединки рибе (уз тест мјерења у трајању од 5000, 7000 и 10000 s живог времена, као и у случају морске воде; а за неколико узорака рибе мјерења су вршена и по 20000 s; а и тестирана иста жива времена мјерења за узроке исте дужине и масе). Органи, па и мишићи риба који су такође предмет овог рада, мјерени су по 10000 s живог времена.

Сви узорци сакупљени 2013/14. године, након припреме мјерени су само на HPGe спектрометрима, због започетог ремонта/модификације спектрометра ПРИПЈАТ-2М.

### 3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

#### 3.1. Земљиште и пијесак

У првим систематским мјерењима  $^{137}\text{Cs}$  у Црној Гори спроведеним крајем 1994. године уз коришћење *in situ* гама спектрометријског метода и портабл гама спектрометра HPGe (n-тип, 100 cm<sup>3</sup> активне запремине, 1,95 keV FWHM на 1,33 MeV), на неколико локација на Приморју, на примјер, у земљишту су измјерене слједеће концентрације активности: Тиват (Крашићи) –  $(37 \pm 4)$  Bq kg<sup>-1</sup>, Будва (Бечићи) –  $(63 \pm 7)$  Bq kg<sup>-1</sup>, Бар (Челуга) –  $(26 \pm 4)$  Bq kg<sup>-1</sup>, Улцињ (Братица) –  $(14 \pm 2)$  Bq kg<sup>-1</sup>, Улцињ (Горњи Штој) –  $(15 \pm 2)$  Bq kg<sup>-1</sup>, Улцињ (Кодре) –  $(10 \pm 1)$  Bq kg<sup>-1</sup> [7]. Петнаест година касније, мјерења узорака земљишта спектрометром ПРИПЈАТ-2М дала су резултате представљене у табели 1.

Подаци из табеле 1 указују на ниске концентрације  $^{137}\text{Cs}$  у земљишту, сагласно ономе што је и претходно добијено *in situ* методом, при чему се на одређеном броју локација уочава његово још увијек доминантно присуство у површинском слоју.

Приликом мјерења  $^{137}\text{Cs}$  *in situ* методом (1994. године), на познатим плажама Приморја Црне Горе регистроване су концентрације активности:  $(3,0 \pm 0,7)$  Bq kg<sup>-1</sup> – Могрен;  $(1,3 \pm 0,2)$  Bq kg<sup>-1</sup> – Пржно;  $(0,8 \pm 0,2)$  Bq kg<sup>-1</sup> – Свети Стефан;  $(0,9 \pm 0,2)$  Bq kg<sup>-1</sup> – Словенска плажа,  $(1,1 \pm 0,2)$  Bq kg<sup>-1</sup> – Петровац,  $(1,3 \pm 0,2)$  Bq kg<sup>-1</sup> – Сутоморе,  $(0,7 \pm 0,2)$  Bq kg<sup>-1</sup> – Мала плажа,  $(2,6 \pm 0,4)$  Bq kg<sup>-1</sup> – Велика плажа.



Резултати мјерења узорака пијеска са плажа на Приморју Црне Горе (ПРИПЈАТ-2М), узорковање углавном урађено 2009/10, дати су у табели 2. На локацијама су помоћу *RadEye PRD* измјерене и јачине апсорбоване дозе у ваздуху, на 1 m висине изнад тла, и такође наведене у табели 2.

Поређења ради, на примјер на плажама у САД измјерене концентрације активности  $^{137}\text{Cs}$  биле су у опсегу од 0,65 до 12,8  $\text{Bq kg}^{-1}$  [15], а на обали Црвеног мора (Египат) – 1,2  $\text{Bq kg}^{-1}$  [16].

Табела 1. Концентрација активности  $^{137}\text{Cs}$  у земљишту Приморја Црне Горе

Локација	Координате	Дубина слоја (cm)	A( $^{137}\text{Cs}$ ) ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )
Улцињ	N 41°54,585' E 19°15,026'	0-5	2,10 ± 0,12
		5-10	1,63 ± 0,15
		10-15	2,26 ± 0,14
Бар	N 42°06,635' E 19°05,368'	0-5	17,1 ± 2,2
		5-10	14,6 ± 1,0
		10-15	18,6 ± 0,9
Сутоморе	N 42°08,577' E 19°02,111'	0-5	6,14 ± 1,48
		5-10	7,09 ± 0,98
		10-15	8,48 ± 0,96
Петровац	N 41°54,585' E 19°15,026'	0-5	42,0 ± 2,0
		5-10	28,0 ± 2,0
		10-15	17,1 ± 2,1
Будва	N 42° 17,149' E 18° 51,139'	0-5	31,2 ± 1,9
		5-10	44,2 ± 2,1
		10-15	49,0 ± 2,1
Јаз	N 42°16,993' E 18°48,130'	0-5	17,0 ± 1,0
		5-10	16,3 ± 1,1
		10-15	17,4 ± 1,1
Тиват - Плави хоризонти	N 42°23,286' E 18°40,910'	0-5	76,0 ± 5,3
		5-10	39,2 ± 2,0
		10-15	77,6 ± 5,4
Котор	N 42°24,992' E 18°45,752'	0-5	17,3 ± 0,9
		5-10	9,28 ± 0,79
		10-15	3,03 ± 0,69
Рисан	N 42°30,628' E 18°41,763'	0-5	56,2 ± 2,3
		5-10	56,8 ± 2,0
		10-15	61,2 ± 3,2
Херцег Нови	N 42° 27,294' E 18° 33,011'	0-5	90,4 ± 3,8
		5-10	45,7 ± 2,1
		10-15	30,1 ± 2,0

Табела 2. Концентрација активности  $^{137}\text{Cs}$  у пијеску плажа на Приморју Црне Горе

Локација	Координате	A ( $^{137}\text{Cs}$ ), (Bq kg <sup>-1</sup> )	Измјерена (укупна) јачина дозе (nGy h <sup>-1</sup> )
Велика плажа	N 41°54,474' E 19°14,987'	1,46 ± 0,21	30
Мала плажа	N 41°55,442' E 19°12,264'	0,18 ± 0,08	20
Утјеха	N 42°00,616' E 19°09,052'	0,26 ± 0,09	20
Шушањ	N 42°06,691' E 19°05,086'	0,65 ± 0,10	20
Сутоморе	N 42°08,282' E 19°03,003'	0,49 ± 0,09	15
Чањ	N 42°09,614' E 19°00,004'	1,22 ± 0,15	30
Буљарица	N 42°11,675' E 18°57,814'	0,29 ± 0,09	10
Петровац	N 42°12,242' E 18°56,586'	0,63 ± 0,10	15
Каменово	N 42°16,478' E 18°63,276'	0,44 ± 0,09	10
Краљичина плажа	N 42°15,673' E 18°53,572'	0,39 ± 0,08	15
Пржно	N 42°16,109' E 18°53,554'	0,57 ± 0,09	15
Свети Стефан	N 42°15,357' E 18°53,669'	0,29 ± 0,09	15
Бечићи	N 42°16,866' E 18°52,539'	0,91 ± 0,12	20
Словенска плажа	N 42°17,109' E 18°51,134'	0,68 ± 0,10	10
Могрен	N 42°16,634' E 18°49,970'	0,10 ± 0,03	10
Јаз	N 42°16,947' E 18°48,153'	0,35 ± 0,09	10
Плави хоризонти	N 42°23,152' E 18°40,943'	0,29 ± 0,09	20
Котор	N 42°25,781' E 18°46,080'	0,25 ± 0,09	10
Рисан	N 42°30,597' E 18°41,779'	0,46 ± 0,09	20
Њивице	N 42°26,049' E 18°31,033'	0,16 ± 0,06	20

### 3.2. Вода, седимент, муљ са детритусом

Анализе узорака воде углавном показују низак ниво  $^{137}\text{Cs}$  (на граници, или испод минималне детектибилне активности – како спектрометра ПРИПЈАТ-2М, тако и ОРТЕС HPGe спектрометара). Треба напоменути да, иако се у одређеном броју узорака мјерена вриједност поклопила са минималном детектибилном активношћу, софтвер ПРИП је, након фитовања фотопика, дао резултат.

Детектована концентрација активности у узорку са Велике плаже ( $0,06 \text{ Bq L}^{-1}$ ) и Мале плаже ( $0,07 \text{ Bq L}^{-1}$ ), уз грешку од  $0,02$  и  $0,03 \text{ Bq L}^{-1}$ , респективно; једнако као у три узорка из Котора (Свети Стасије, Доброта 1, Доброта 2) – ( $0,07 \pm 0,04$ ), ( $0,05 \pm 0,03$ ), ( $0,07 \pm 0,03$ ),  $\text{Bq L}^{-1}$ , респективно (у четвртом, узоркованом близу старог града, такође, ( $0,05 \pm 0,03$ )  $\text{Bq L}^{-1}$ ), и слично (у Тивту: ( $0,05 \pm 0,02$ )  $\text{Bq L}^{-1}$ ) – може се сматрати доминантним нивоом  $^{137}\text{Cs}$  у површинској води јужног Јадранског мора (обала Црне Горе).

У узорку са локације Плави хоризонти детектовано је  $0,09 \text{ Bq L}^{-1}$ , док је у узорку из Херцег Новог детектовано ( $0,14 \pm 0,06$ )  $\text{Bq L}^{-1}$ , а што је потврђено и анализом узорка од  $30 \text{ L}$  који је упарен до  $1 \text{ L}$  (резултат са HPGe: ( $0,13 \pm 0,04$ )  $\text{Bq L}^{-1}$ , живо вријеме мјерења:  $92107 \text{ s}$ ).

Изузетак је био узорак површинске морске воде из Бара (лука), који је показао активност  $^{137}\text{Cs}$  од ( $0,32 \pm 0,04$ )  $\text{Bq L}^{-1}$ . Поновно узорковање и мјерење спектрометром ПРИПЈАТ-2М показало је да је активност  $<0,05 \text{ Bq L}^{-1}$  (а на HPGe спектрометру:  $<0,04 \text{ Bq L}^{-1}$ ), због чега би се могло закључити да је у првом случају захваћен узорак који је, условно, био контаминиран активношћу луке.

Узорци узети са дубине ( $6,5\text{-}7$ )  $\text{m}$  у заливу Бока Которска показали су ниже нивое активности  $^{137}\text{Cs}$ , посебно кад је у питању Доброта. Узорак из области Свети Стасије, упарен и анализиран HPGe спектрометром показао је активност  $^{137}\text{Cs}$  у износу ( $0,04 \pm 0,01$ )  $\text{Bq L}^{-1}$  (живо вријеме мјерења:  $84455 \text{ s}$ ).

Наведне вриједности су нешто изнад оних које су детектоване у, на примјер, Арабијском мору ( $<0,03 \text{ Bq L}^{-1}$  [17]), а испод карактеристичних вриједности за неке области Балтичког мора [18].

Треба напоменути да су *in situ* мјерења 1994. године за море код Бара, на примјер, око  $500 \text{ m}$  на отвореном мору, десно од луке, показала активност  $^{137}\text{Cs}$  ( $0,7 \pm 0,2$ )  $\text{Bq kg}^{-1}$ , а у Тивту, на око  $500 \text{ m}$  од мола насупрот Ремонтном заводу – ( $1,8 \pm 0,2$ )  $\text{Bq kg}^{-1}$ .

Користећи могућности софтвера ПРИП у процесу обраде спектра (фитовање фотопика, итд.), у циљу добијања што поузданијег резултата и мање грешке мјерења, а на основу спектра снимљених током  $2000 \text{ s}$  реалног времена, измјерене активности  $^{137}\text{Cs}$  у сувим узорцима површинског седимента [19] и сувим узорцима муља са детритусом су оне представљене у табели 3.

Концентрације активности  $^{137}\text{Cs}$  у површинском седименту залива Бока Которска упоредиве су са онима у Арабијском мору [17].

Веће активности у муљу са детритусом су и очекиване, с обзиром да муљ са детритусом садржи органске материје настале распадањем организама. Овај податак је значајан и зато што детритус (и муљ) представља значајну компоненту у исхрани ципола.

Табела 3. Концентрација активности  $^{137}\text{Cs}$  у површинском седименту и муљу са детритусом из залива Бока Которска

Узорак	$A(^{137}\text{Cs})$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )
<i>Седимент са локације:</i>	
Доброта 1	$1,35 \pm 0,05$
Доброта 2	$0,81 \pm 0,07$
Свети Стасије 1	$0,41 \pm 0,03$
Свети Стасије 2	$0,63 \pm 0,11$
Тиват	$1,16 \pm 0,22$
<i>Муљ са детритусом са локације:</i>	
Доброта 1	$3,78 \pm 0,10$
Доброта 2	$2,41 \pm 0,18$
Свети Стасије 1	$4,74 \pm 0,12$

### 3.3. Морска трава и циполи

Дио резултата анализа биотских узорака из јужног Јадранског мора претходно је објављен [20-23].

*P. oceanica* са локације Доброта 1 (маса: 0,120 kg, тј. 0,068 kg након припреме и хомогенизације) и са локације Свети Стасије (маса: 0,100 kg) показала је сљедеће концентрације активности  $^{137}\text{Cs}$ :  $<1,51 \text{ Bq kg}^{-1}$  (HPGe, живо вријеме мјерења: 68940 s) и  $(1,97 \pm 0,60) \text{ Bq kg}^{-1}$  (ПРИПЈАТ-2М, живо вријеме мјерења: 4957,3 s), респективно.

Од укупно 105 цијелих јединки ципола, узоркованих 2009/10,  $^{137}\text{Cs}$  је детектован у 7 јединки *C. labrosus*, као и у 3 јединке *M. cephalus*, 6 јединки *L. aurata*, 11 јединки *L. ramada* и 3 јединке *L. saliens* (табела 4). Од 18 анализираних мишића (тј. јестивог дијела рибе), мјерених спектрометром ПРИПЈАТ-2М по 10000 s живог времена,  $^{137}\text{Cs}$  изнад минималне детектибилне активности регистрован је у узорцима представљеним у табели 5.

Поједине цијеле јединке *L. aurata* показале су нешто већу активност цезијума што је, како су показале додатне анализе, последица садржаја гастроинтестиналног система. Генерално, анализирани циполи су углавном показали знатно нижу концентрацију  $^{137}\text{Cs}$  него поједине врсте из Балтичког мора ( $5,09 \text{ Bq kg}^{-1}$  [24]).

И јестиви дио ципола, мишићи, у свим случајевима, имали су активност  $^{137}\text{Cs}$  значајно мању него врсте из Балтичког мора ( $5,1 \text{ Bq kg}^{-1}$  у харинги,  $5,0 \text{ Bq kg}^{-1}$  у листу, и  $7,09 \text{ Bq kg}^{-1}$  у бакалару [24]).

Подаци наведени у табелама 4 и 5, између осталог, указују да акумулацији  $^{137}\text{Cs}$  у цијелим јединкама *C. labrosus* највише доприноси биоакумулација у мишићу, за разлику од, на примјер, ситуације код анализираних узорака врсте *L. aurata*, што свакако захтијева додатне анализе.

За почетак, концентрациони фактори  $^{137}\text{Cs}$  (CF), као однос концентрација активности у биотском узорку (у којем је детектован) и у води ( $\text{CF}_1$ ), седименту ( $\text{CF}_2$ ), муљу са детритусом ( $\text{CF}_3$ ), у цијелим јединкама ципола, представљени су на слици 3 ((а), (б) и (в), респективно), а у мишићима ципола (табела 5), као и у *P. oceanica* (локације Доброта 1 и Свети Стасије) – на слици 4 ((а), (б) и (в), респективно).

При овим процјенама, за активност  $^{137}\text{Cs}$  у води узета је вриједност  $0,05 \text{ Bq L}^{-1}$  (као типична за површинске узорке воде из залива Бока Которска), у седименту –  $0,87 \text{ Bq kg}^{-1}$ , тј. средња вриједност за пет локација (табела 3), као и  $3,64 \text{ Bq kg}^{-1}$  у муљу са детритусом (опет средња вриједност добијена за три узорка из залива Бока Которска (табела 3)).

Табела 4. Концентрација активности  $^{137}\text{Cs}$  у цијелим јединкама ципола (породица **Mugilidae**)

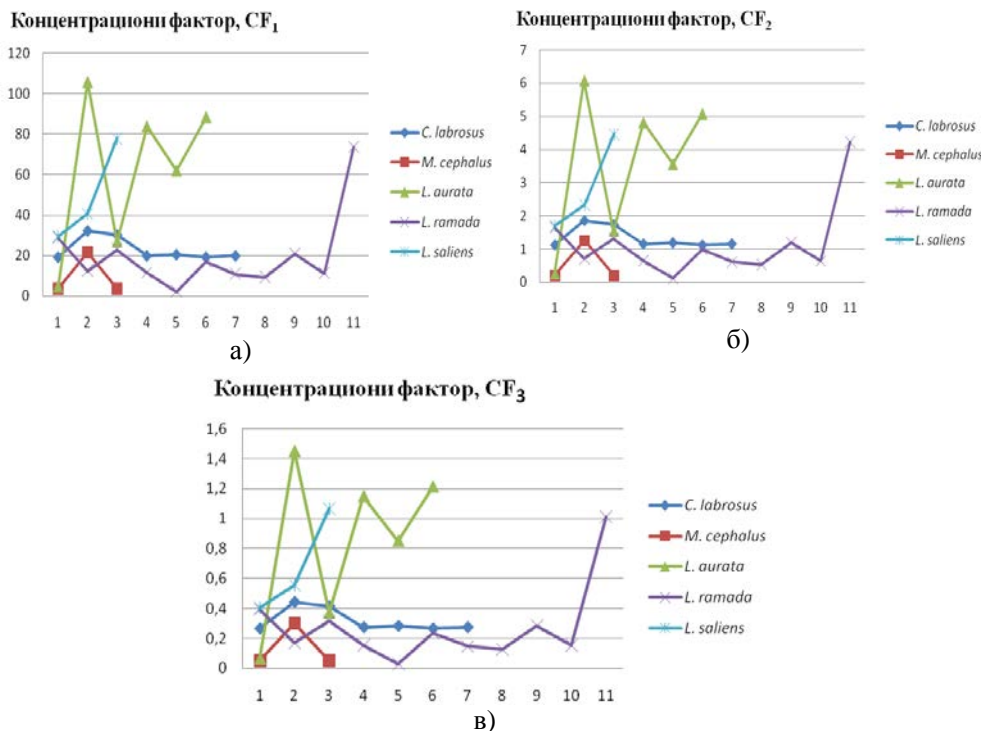
Јединка	Укупна дужина (cm)	Маса свјежег узорка (kg)	A( $^{137}\text{Cs}$ ) ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )
<i>C. labrosus</i>			
	40,2	0,480	$0,97 \pm 0,14$
	34,7	0,385	$1,61 \pm 0,28$
	32,6	0,290	$1,51 \pm 0,32$
	33,4	0,323	$1,00 \pm 0,24$
	30,3	0,280	$1,03 \pm 0,35$
	41,6	0,466	$0,97 \pm 0,04$
	36	0,450	$1,00 \pm 0,24$
<i>M. cephalus</i>			
	27,5	0,190	$0,18 \pm 0,06$
	37,9	0,530	$1,09 \pm 0,22$
	39,2	0,551	$0,18 \pm 0,08$
<i>L. aurata</i>			
	29,5	0,194	$0,23 \pm 0,04$
	30,1	0,185	$5,29 \pm 0,48$
	30,1	0,185	$1,35 \pm 0,32$
	29,5	0,210	$4,19 \pm 0,52$
	28,7	0,200	$3,10 \pm 0,40$
	28,6	0,208	$4,42 \pm 0,60$
<i>L. ramada</i>			
	43,9	0,609	$1,44 \pm 0,49$
	42,1	0,621	$0,62 \pm 0,32$
	44,6	0,682	$1,15 \pm 0,29$
	47	0,770	$0,57 \pm 0,37$
	46,4	0,669	$0,11 \pm 0,03$
	39,2	0,452	$0,86 \pm 0,14$
	38,7	0,368	$0,54 \pm 0,09$
	33,6	0,220	$0,47 \pm 0,10$
	28,6	0,192	$1,04 \pm 0,22$
	29,8	0,182	$0,56 \pm 0,13$
	26,8	0,106	$3,68 \pm 0,94$
<i>L. saliens</i>			
	28,9	0,170	$1,47 \pm 0,28$
	25	0,161	$2,03 \pm 0,39$
	30,6	0,203	$3,89 \pm 0,65$

Такође, узимајући у обзир понашање двије од наведених врста ципола, које су, како из представљених резултата слиједи, занимљиве за додатне анализе (*C. labrosus* и *L. aurata*), израчунате су и дозе условљене  $^{137}\text{Cs}$ , користећи концентрације активности измјерене у узорцима и у води, и дозне конверзионе коефицијенте из извјештаја UNSCEAR 2008 [9], тј.  $2,7 \cdot 10^{-4} \mu\text{Gy h}^{-1}$  по  $\text{Bq kg}^{-1}$  – за спољашње (из воде), и  $1,9 \cdot 10^{-4} \mu\text{Gy h}^{-1}$  по  $\text{Bq kg}^{-1}$  – за унутрашње озрачивање (услед инкорпорираног  $^{137}\text{Cs}$ ) – слика 5 ((а) и (б), респективно).

Табела 5. Концентрација активности  $^{137}\text{Cs}$  у мишићима ципола

Врста	Дужина цијеле јединке (cm)	Маса цијеле јединке (kg)	Маса мишића (g)	$A(^{137}\text{Cs})$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )
<i>C. labrosus</i>				
	40,2	0,480	79	$2,28 \pm 0,63$
	34,7	0,385	57	$3,67 \pm 0,57$
	32,6	0,290	40	$2,75 \pm 0,50$
	30,3	0,280	36	$2,51 \pm 0,56$
<i>M. cephalus</i>				
	39,2	0,551	53	$2,32 \pm 0,07$
	30,2	0,228	19	$0,86 \pm 0,11$
<i>L. aurata</i>				
	30,1	0,185	33,4	$0,39 \pm 0,16$
	28,6	0,208	39,8	$0,52 \pm 0,29$
	31,9	0,231	33,4	$2,47 \pm 0,18$
	34,6	0,265	37,4	$2,02 \pm 0,15$
<i>L. ramada</i>				
	43,9	0,609	17,2	$1,68 \pm 0,62$
	42,1	0,621	58,9	$1,89 \pm 0,69$
	44,6	0,682	58	$0,82 \pm 0,19$
	47	0,770	58,1	$1,72 \pm 0,86$

Међутим, треба напоменути да се једна од наведених врста, *C. labrosus*, врло ријетко може видјети на површини, јер живот проводи углавном при морском дну приобалног појаса, хранећи се мекушцима, ситнијим бескичмењацима, алгама и отпацама. Стога, при прорачуну укупне дозе која потиче од  $^{137}\text{Cs}$  (спољашње и унутрашње озрачивање) за цијеле јединке и мишиће врсте *C. labrosus* у обзир би, могуће, требало узети и спољашња озрачивања услед радиоактивности седимента и муља са детритусом, али је у овом раду, као и за цијеле јединке и мишиће врсте *L. aurata*, у обзир узето само озрачивање из воде (као доминантно).



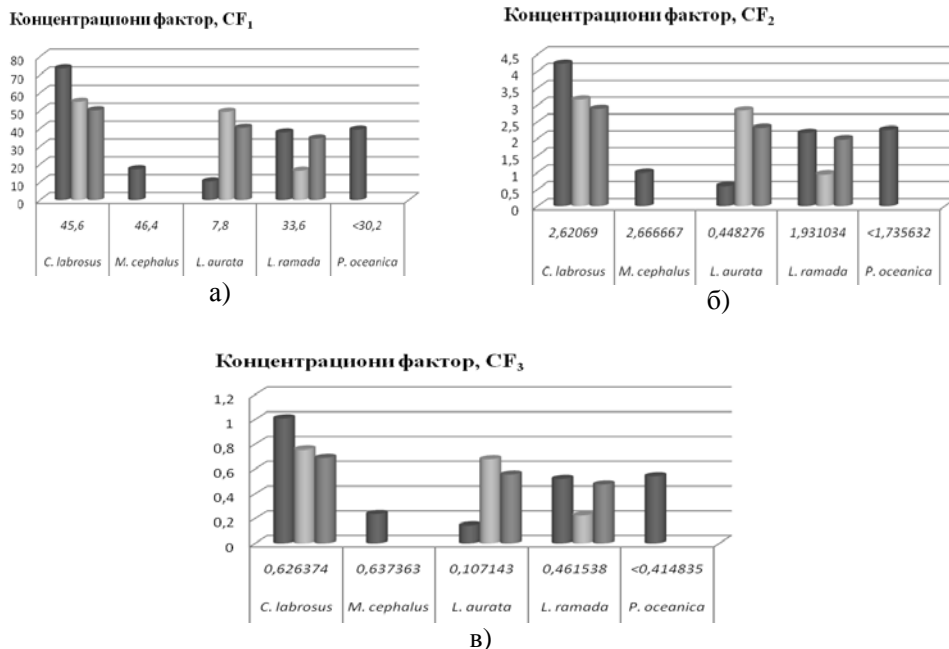
Слика 3. Концентрациони фактори  $^{137}\text{Cs}$  за цијеле јединке ципола: CF<sub>1</sub> (а), CF<sub>2</sub> (б), CF<sub>3</sub> (в)

Такође треба напоменути да су два од четири мишића у којима је активност  $^{137}\text{Cs}$  била изнад минималне детектибилне активности, код врсте *L. aurata*, дисекована код јединки у којима у цјелости за горе наведено вријеме мјерења није детектован  $^{137}\text{Cs}$ , тј. био је испод минималне детектабилне активности (као што се може видјети на слици 5б).

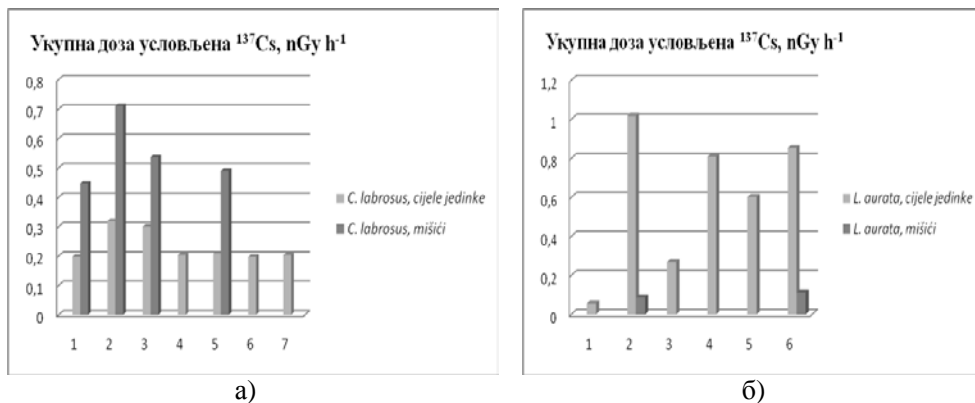
Као што се може видјети на слици 5, највећа јачина дозе која потиче од  $^{137}\text{Cs}$  износи око  $0,7 \text{ nGy h}^{-1}$ , а према извјештајима UNSCEAR [9], за акваичне организме, максимална јачина дозе од  $400 \mu\text{Gy h}^{-1}$  којој је изложен мали број јединки (и ниже средње јачине доза за остале организме) неће довести до ефеката на популационом нивоу.

Свакако, укупну дозу којој су јединке изложене, у том смислу и овдје разматрани *C. labrosus*, могуће је процијенити узимајући у обзир и природне, доминантно присутне, радионуклиде, какви су  $^{40}\text{K}$ , чланови низова  $^{238}\text{U}$  (у првом реду  $^{226}\text{Ra}$ ) и  $^{232}\text{Th}$ , па и космогене – типа  $^7\text{Be}$ , и друге. Ипак, и ранија и актуелна истраживања јужног Јадранског мора показују да је укупна јачина дозе којој су циполи изложени услед зрачења радионуклида у њима и њиховој околини, вишеструко мања од претходно наведених  $400 \mu\text{Gy h}^{-1}$ .

Поново узорковане (углавном 2013. године) врсте из рода *Liza*, уловљене на локацији Солила (Тиват), површинска морска вода и узорак са морског дна (са исте локације), адекватно припремљени и мјерени HPGe спектрометрима у Центру за екотоксиколошка испитивања у Подгорици (најприје неколико узорака *L. ramada* [25], а затим и остали), показали су активности  $^{137}\text{Cs}$  представљене у табели 6.



Слика 4. Концентрациони фактори <sup>137</sup>Cs за мишиће ципола и морску траву: CF<sub>1</sub> (а), CF<sub>2</sub> (б), CF<sub>3</sub> (в)



Слика 5. Дозе условљене <sup>137</sup>Cs за цијеле јединке и мишиће врста ципола: *C. labrosus* (а), *L. aurata* (б)

Процјене минималне детектибилне активности урађене су примјеном ЗМДА метода [26].

Наизглед су концентрације активности цезијума знатно испод оних претходно измјерених, али се мора нагласити да су и у претходном случају, у значајном броју јединки, активности биле испод минималне детектибилне активности, или на нивоу наведеном у табели 6.



#### 4. ЗАКЉУЧАК

Дати резултати дио су укупних резултата добијених систематским радиоеколошким испитивањима моринске средине јужног Јадранског мора – обала Црне Горе, спроведеним у периоду од 2008. до 2015. године, и представљају основ за детаљније радиоеколошке анализе с циљем процјене ризика за биоту у овој акватичној средини.

Анализирани, нарочито биотски (морска трава и пет јадранских врста ципола), узорци показали су релативно ниске нивое активности  $^{137}\text{Cs}$ . И пијесак са плажа на Приморју Црне Горе показао је ниске концентрације активности, које не прелазе  $1,5 \text{ Bq kg}^{-1}$ .

Табела 6. Концентрација активности  $^{137}\text{Cs}$  у узорцима из јужног Јадранског мора (2013/14)

Узорак	Дужина цијеле јединке (cm)	$A(^{137}\text{Cs})$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )
Морска вода (у [ $\text{Bq L}^{-1}$ ])		$\leq 0,004$
Морско дно		$0,69 \pm 0,06$
<i>L. aurata</i>		
Јединка 1	25,6	$< 0,45$
Јединка 2	24,5	$< 0,51$
Јединка 3	25,4	$< 0,6$
Мишић 4	29,3	$< 1$
Мишић 5	36	$\leq 0,92$
Мишић 6	23,1	$\leq 1,61$
Мишић 7	25	$< 1,8$
Мишић 8	27,2	$< 1$
Мишић 9	23,8	$< 1,30$
Мишић 10	24,1	$< 1,16$
Мишић 11	26,3	$< 1,15$
<i>L. ramada</i>		
Јединка 1	28,6	$< 0,52$
Јединка 2	32,2	$< 0,59$
Јединка 3	34,5	$< 1$
Мишић 4	37,4	$< 2$
Мишић 5	32,3	$< 0,92$
Мишић 6	37,1	$< 0,78$
Мишић 7	34,2	$\leq 1,22$
Мишић 8	34,6	$0,52 \pm 0,27$
Мишић 9	35,4	$\leq 1,16$
Мишић 10	34,6	$\leq 1,03$
Мишић 11	32,1	$< 0,80$

Табела 6. Наставак

<i>L. saliens</i>		
Јединка 1	32,4	0,70 ± 0,30
Јединка 2	29,1	< 0,35
Јединка 3	29,2	< 1,1
Мишић 4	32,4	< 1,5
Мишић 5	30,8	≤ 0,80
Мишић 6	32,5	< 1,02
Мишић 7	33,9	< 1,05
Мишић 8	31,2	0,67 ± 0,17
Мишић 9	28,8	≤ 0,77
Мишић 10	28,2	< 0,72
Мишић 11	26,8	< 1,04

Процијењени концентрациони фактори  $^{137}\text{Cs}$  за цијеле јединке и мишиће ципола указују и на његову различиту акумулацију у цијелим јединкама и мишићима појединих врста ципола као што су *C. labrosus* и *L. aurata*. Последице, и однос укупне дозе која потиче од  $^{137}\text{Cs}$  у цијелим јединкама и мишићима ове двије врсте је исти, тј. укупна доза условљена  $^{137}\text{Cs}$  у цијелим јединкама врсте *C. labrosus* значајно је нижа од дозе у мишићима, док је код врсте *L. aurata* супротно, што намеће потребу додатних анализа биоакумулационих фактора и процеса.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Александар Јоксимовић. Биолошка истраживања Јадранског мора, статус, перспективе и правци развоја. У: *Црна Гора у XXI стољећу – у ери компетитивности*, Црногорска академија наука и умјетности – Монографије и студије, 73/11, Подгорица, 2010, 485-513.
- [2] МОНСТАТ (Завод за статистику Црне Горе). Статистички годишњак 2012. Подгорица (2012).
- [3] N. M. Antovic, N. Svrkota, I. Antovic, R. Svrkota, D. Jancic. Radioactivity in Montenegro beach sands and assessment of the corresponding environmental risk. *Isot. Environ. Health. S.* 49/2 (2013) 153-162.
- [4] USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy. The Accident at the Chernobyl NPP and its Consequences. IAEA Post Accident Review Meeting, Vienna (1986).
- [5] Ю. А. Израэль. Радиоактивне выпадения после ядерных взрывов и аварий. *Прогресс-Погода* (1996).
- [6] G. I. Borisov, V. V. Kuzmič, V. M. Kulakov, P. Vukotić, S. Dapčević, N. Antović, M. Mirković, M. Pajović, R. Svrkota, B. Fuštić, G. Đuretić. Černobiljski cezijum u tlu Crne Gore, osam godina poslije akcidenta. *Zbornik radova savjetovanja „Černobilj, 10 godina posle“ Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja*, str. 79-83, Budva, Crna Gora, 04-07. 06. 1996.
- [7] Пројекат: Развој методе полупроводничке  $\gamma$ -спектрометрије *in-situ*. Међународни научни центар за екологију и здравље човјека МЕНЕКО – Подгорица, Министарство просвјете и науке Црне Горе (1994-1996).
- [8] Nevenka M. Antovic, Perko Vukotic, Nikola Svrkota, Sergey K. Andrukhovich. Pu-239+240 and Cs-137 in Montenegro soil: their correlation and origin. *J. Environ. Radioactiv.* 110 (2012) 90-97.
- [9] UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the effect of Atomic Radiation). UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes Sources and effects of ionizing radiation. Annex E: Effects of ionizing radiation on non-human biota. United Nations, New York (2011).

- [10] HASL-300. EML Procedures Manual. Environmental Measurements Laboratory, U. S. Department of Energy, 28 Edition (1997).
- [11] J. M. Thomson. The grey mullets. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 4 (1966) 301-335.
- [12] С. К. Андрухович, А. В. Берестов, В. И. Гутко, А. М. Хильманович. Высококчувствительные многодетекторные гамма спектрометры ПРИПЯТЬ. Препринт Института физики АН БССР, Минск (1995).
- [13] Невенка М. Антовић, Владимир Поповић, Никола Свркота, Перко Вукотић. Детекција  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  спектрометром ПРИПЈАТ-2М. *Зборник радова XXV симпозијума Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе*, стр. 269-273, Копаоник, Србија, 30. 09 – 02. 10. 2009.
- [14] IAEA (International Atomic Energy Agency). Measurement of radionuclides in food and the environment (a guidebook). *Technical report*, Series No. 295 (1989).
- [15] M. B. Radenković, S. M. Alshikh, V. B. Andrić, Š. S. Miljanić. Radioactivity of sand from several renowned public beaches and assessment of the corresponding environmental risks. *J. Serb. Chem. Soc.* 744 (2009) 461-470.
- [16] S. Harb. Natural radioactivity and external gamma radiation exposure at the coastal Red Sea in Egypt. *Radiat. Prot. Dosim.* 130/3 (2008) 376-384.
- [17] M. Akram, R. M. Qureshi, N. Amhad, T. J. Solajja, A. Mashitullah, M. A. Ayub, S. Irshad. Determination of natural and artificial radionuclides in sea water and sediments of Gwadar Coast, Arabian Sea. *The Nucleus* 4/1-4 (2004) 19-25.
- [18] STUK, 2010. [www.stuk.fi/sateilytieto/sateily\\_ymparistossa\\_itameri/en\\_GB/itameri/](http://www.stuk.fi/sateilytieto/sateily_ymparistossa_itameri/en_GB/itameri/).
- [19] Nevenka M. Antovic, Nikola Svrkota, Perko Vukotic, Vladimir Popovic, Slobodan Jovanovic, Benard Berisaj, Gordana Lastovicka-Medin. Measurement of radionuclide activity in surface sediment of the Boka Kotorska Bay. In: *Proc. Int. Symp. Geoecology - XXI Century, theoretical and applicative tasks*, pp. 309-314, Zabljak-Niksic, Montenegro, 21-24. 09. 2010.
- [20] Ivanka Antovic, Nevenka M. Antovic. Determination of concentration factors for Cs-137 and Ra-226 in the mullet species *Chelon labrosus* (Mugilidae) from the South Adriatic Sea. *J. Environ. Radioactiv.* 102/7 (2011) 713-717.
- [21] Иванка Антовић и Невенка М. Антовић. Активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  у јединкама врсте ципола (Mugilidae) *Liza aurata* из јужног Јадранског мора. *Зборник радова XXV симпозијума Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе*, стр. 20-24, Копаоник, Србија, 30. 09 – 02. 10. 2009.
- [22] Ivanka Antovic, Nevenka M. Antovic (2012). Exposure analysis for the mullet species *Liza ramada* (Risso, 1826) from the South Adriatic Sea. In: *Proc. Int. Conf. on Radiation and Applications in Various Fields of Research RAD 2012*, pp. 263-266, Niš, Serbia, 25-27. 04. 2012.
- [23] Иванка Антовић, Мирзета Хаџибрахимовић, Гордана Лаштовичка-Медин. Да ли се ефекти услед зрачења природних радиоизотопа и цезијума-137 код две врсте риба из јужног Јадранског мора (*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 и *Liza saliens* Risso, 1810) могу оћекивати?. *Зборник радова XXVII симпозијума Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе*, стр. 300-303, Врњачка Бања, Србија, 02-04. 10. 2013.
- [24] M. Suplinska, A. Adamczyk. Cs-137, Ra-226 and K-40 in the southern Baltic Sea fish flesh. Helsinki Commission (HELCOM MORS-PRO 14/2009), 14<sup>th</sup> Meeting, Stockholm, Sweden, 5-7. 05. 2009.
- [25] Иванка Антовић, Никола Свркота, Ранка Жижјић, Невенка Антовић. Концентрације четири радионуклида и четири метала у мишићу *Liza ramada*. *Зборник радова XXVIII симпозијума Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе*, стр. 125-129, Вршац, Србија, 30. 09 – 02. 10. 2015.
- [26] ORTEC. Gamma-vision 32. Gamma-ray spectrum analysis NCA emulator for Microsoft (2003).

## RADIOECOLOGICAL RESEARCH OF THE SOUTH ADRIATIC MARINE ENVIRONMENT: $^{137}\text{Cs}$

Ivanka ANTOVIĆ<sup>1</sup>, Nikola SVRKOTA<sup>2</sup>, Nevenka M. ANTOVIĆ<sup>3</sup>

1) Department for biomedical sciences, State University of Novi Pazar, Serbia

2) Centre for ecotoxicological research, Podgorica, Montenegro

3) Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Podgorica, Montenegro

Seawater, sediment, mud with detritus, five fish species (fam. Mugilidae) from the genus *Liza*, *Chelon* and *Mugil*, seagrass (*Posidonia oceanica*) from the South Adriatic Sea (Coast of Montenegro), as well as adjacent soils and sands, were studied in 2008-2015, using standard HPGe and multidetector gamma spectrometer. The highest  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration was measured in surface soil sample from Herceg Novi (90 Bq kg<sup>-1</sup>), while beach-sands showed extremely low activity (below 1.5 Bq kg<sup>-1</sup>). Sediments and muds from the Boka Kotorska Bay showed  $^{137}\text{Cs}$  levels – up to 1.4 and 4.7 Bq kg<sup>-1</sup>, respectively, and seagrass <2 Bq kg<sup>-1</sup>. Among 105 whole fish of *Liza aurata*, *Liza ramada*, *Liza saliens*, *Chelon labrosus* and *Mugil cephalus* sampled in 2009/2010,  $^{137}\text{Cs}$  was detected in 30. In general, whole *L. aurata* and muscles of *C. labrosus* showed somewhat higher  $^{137}\text{Cs}$  levels. Eleven individuals of each the *Liza* species occurring in the South Adriatic (33 in total) sampled in 2013/2014 were analyzed by an HPGe, and ten showed  $^{137}\text{Cs}$  above, or at the level of minimum detectable activity.

CIP - Каталогизација у публикацији –  
Народна библиотека Србије, Београд

614.876(082)

621.311.25(477.41)(082)

504.5:539.16(497.11)(082)

ЧЕРНОБИЉ : 30 година после : монографија / уредник  
Гордана Пантелић. - Београд : Институт за нуклеарне науке  
"Винча", Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту  
животне средине "Заштита" : Друштво за заштиту од зрачења  
Србије и Црне Горе, 2016 (Београд : Институт за нуклеарне  
науке "Винча"). - 286 стр. : илустр. ; 25 cm

Тираж 150. - Библиографија уз сваки рад. - Summaries.

ISBN 978-86-7306-138-2 ("Винча")

1. Пантелић, Гордана [уредник]

а) Нуклеарна електрана "Чернобил" - Хаварија - Зборници

б) Животна средина - Загађење радиоактивним материјама

- Србија - Зборници с) Несреће у нуклеарним електранама

- Последице - Зборници д) Јонизујуће зрачење - Штетно

дејство - Србија - Зборници

COBISS.SR-ID 226685452